

【本件リリース先】

平成30年10月31日(水)16:00
(レク付き資料配付)
文部科学記者会・科学記者会、
原子力規制庁記者会(仮称)、
福島県政記者クラブ
(資料配付)
いわき記者クラブ、いわき記者会



平成30年10月31日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

湖沼等の底質中の放射性セシウムの深さ分布の可視化

—試料を採取しなくても汚染実態解明へ—

【発表のポイント】

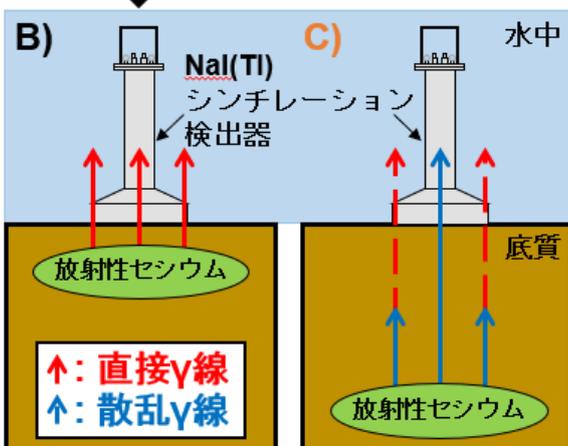
- 湖沼や河川の水底の放射性セシウムによる汚染実態把握は、農業再開に向けて重要な課題。しかし、これまでの調査は柱状の底質試料を採取して、層ごとに分けて分析するため手間がかかっていた。
- 原子力機構は水底で測定した γ 線スペクトル特性（散乱 γ 線と直接 γ 線）から、底質中の放射性セシウムの深さ分布を評価する手法を開発した。
- この成果により、湖沼・河川等で底質試料を採取しなくても、迅速かつ簡便に水底の放射性セシウムによる汚染実態を把握できるため、モニタリングの効率化が期待できる。



$$\text{RPC (Ratio of Peak and Compton)} = \frac{\text{散乱}\gamma\text{線領域の計数率}}{\text{直接}\gamma\text{線領域の計数率}}$$

図D) の枠で囲ったエリアの計数率の合計値をそれぞれ計算
→RPCが**大きい**ほど底質中で放射性セシウムは**深く**に分布

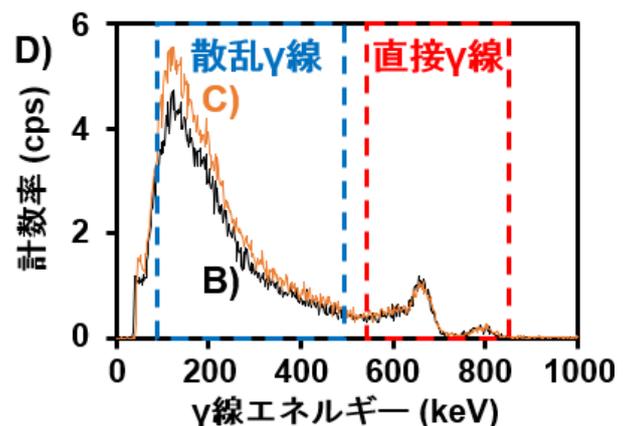
実際に使用したNaI(Tl)
シンチレーション検出器



底質表面での γ 線スペクトルの測定イメージ

B) 放射性セシウムの分布深さが浅い場合

C) 放射性セシウムの分布深さが深い場合



底質中の異なる放射性セシウムの分布深さにおける γ 線スペクトルの変化

→C)はB)に比べ**散乱 γ 線**の計数率が**大きく**、**直接 γ 線**の計数率が**小さい**

(放射性セシウムの分布深さにより変化)

図1 直接および散乱 γ 線と放射性セシウムの底質中分布深さの関係

【概要】

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（理事長 児玉敏雄、以下、「原子力機構」という。）福島研究開発部門 福島研究開発拠点 福島環境安全センター 放射線監視技術開発グループは、株式会社 NESI および日本放射線エンジニアリング株式会社の技術者と共同で、底質¹⁾ 試料を採取することなく、迅速かつ簡便に底質中の放射性セシウム (^{134}Cs および ^{137}Cs) の深さ分布を評価する手法を開発しました。湖沼や河川の水底の放射性セシウムによる汚染実態を知ることは、農業再開に向けて効率的な除染の提案をする上で重要です。しかし、湖沼等の水底の放射性セシウムによる汚染実態を調査するには、手間がかかるという課題がありました。例を挙げると、従来手法では一つのため池で 20 本の柱状の底質試料 (30cm 長さ) を採取するのに 1~3 日、さらに、その試料を 5cm 層ごとに分けて試料ごとに γ 線測定すると約 5 日間かかってしまいます。

そこで、本研究では水底の底質表面で放射線検出器²⁾ による γ 線スペクトル測定を行い、その γ 線スペクトル特性 (散乱 γ 線と直接 γ 線) から、底質中の放射性セシウムの深さ分布を推定する手法を開発しました (図 1)。本手法を使うことで、底質試料を採取することなく、現場で底質中の放射性セシウムの分布を約 1~2 日で測定することが可能になります。本手法は、湖沼等に蓄積した放射性セシウムのモニタリングの効率化 (コストの削減や労力の低減) につながることを期待されます。本研究成果は、2018 年 9 月 18 日に総合的な分析化学の専門誌である「Analytical Chemistry」に掲載されました。

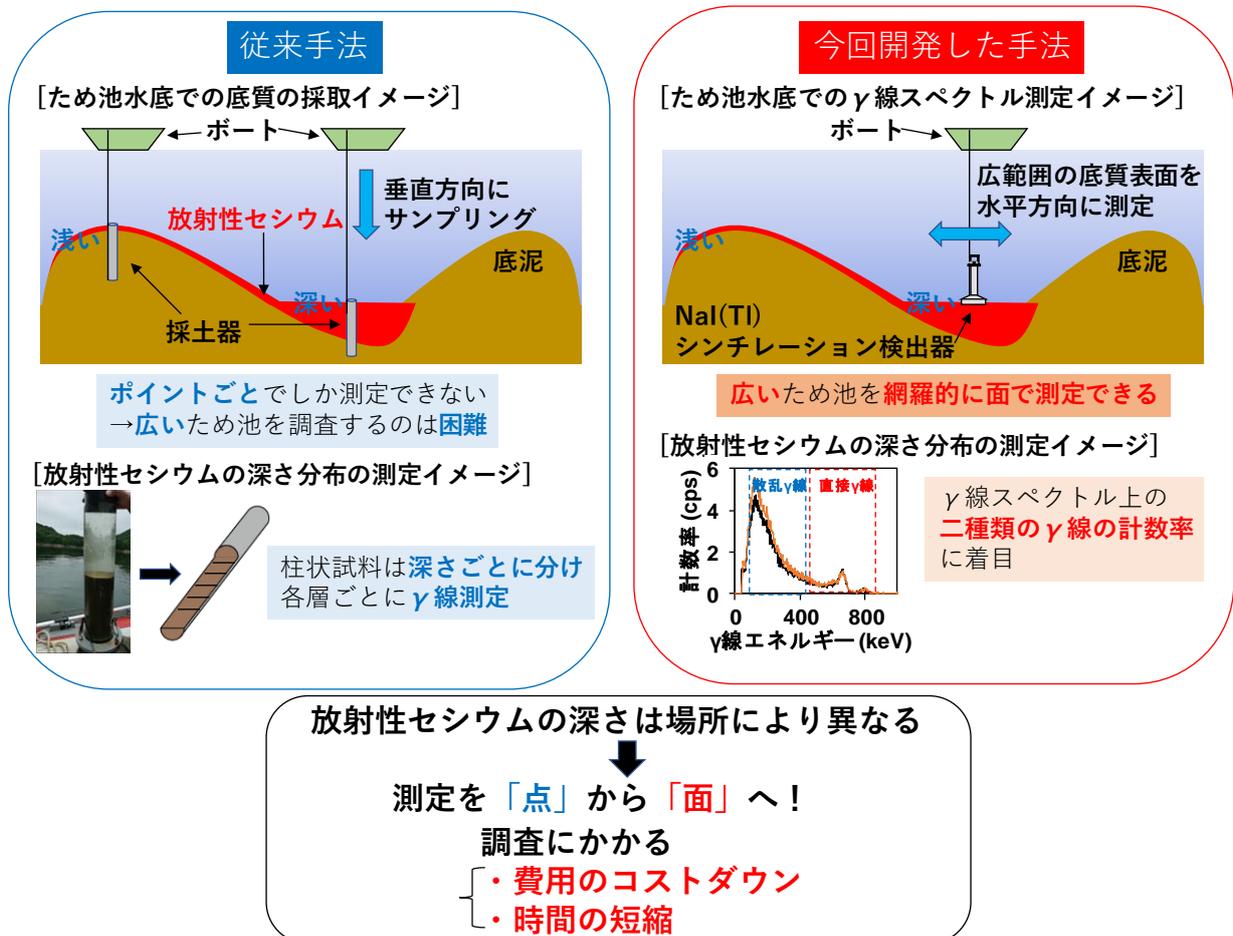


図 2 底質中の放射性セシウムの分布の調査手法について (従来手法と本研究成果の比較)

【研究の背景と目的】

東京電力ホールディングス株式会社福島第一原子力発電所事故に由来する放射性セシウムは、大気中に放出され、降雨等によって表層土壤に吸着しました。放射性セシウムは、降雨による土壤侵食³⁾によって河川に流入し、時間の経過と共に湖沼に蓄積しています。湖沼の底質中の放射性セシウムの分布は、放射性セシウムの流入量、湖沼の形状、土地利用といった要素により大きく異なります。

放射性セシウムが、湖沼の「どこに」、「どれだけ」、分布しているか知ることは、放射性セシウムの総量や下流域への移行を評価する上でも重要です。しかし、一般的に湖沼等の水底の放射性セシウムによる汚染実態を調査するには、柱状の底質試料の採取、分割および放射能測定といった煩雑な手順を経なければなりません(図2左)。また、広範囲で底質試料を採取することは困難です。そのため、より迅速かつ簡便に汚染実態を把握する手法の開発が望まれていました。

【研究の手法】

原子力機構は底質試料を採取することなく、底質表面で γ 線測定することで、直接的に放射性セシウムの分布を推定する手法を開発しました(図2右)。

まず、底質中の放射性セシウムの水平方向の分布を評価するために、底質表面で測定した γ 線スペクトルから、放射性セシウムの計数率⁴⁾を算出しました。次に、底質中の放射性セシウムの鉛直方向の分布を評価するために、 γ 線スペクトルを直接 γ 線領域(放射性セシウム由来)と散乱 γ 線領域(コンプトン散乱⁵⁾由来)に分割しました。そして、直接 γ 線領域の計数率に対する散乱 γ 線領域の計数率比(RPC: Ratio of peak and compton)を算出しました(図1)。

底質中で放射性セシウムが表面に分布していた場合は、放射性セシウムから放出される γ 線(直接 γ 線)が直接的に検出されます(図1B))。一方、放射性セシウムが深い場所に分布していた場合は、直接 γ 線は上の層の土壤粒子により遮へい、散乱されます(散乱 γ 線)(図1C))。この二つの γ 線の計数率比RPCに着目することで、放射性セシウムの深さを推定しました。

水底の γ 線スペクトルデータと同位置の底質試料を採取しました。これらの現場データは、福島県が行っている農業用ため池の放射能測定事業によって取得されたものです。採取した底質試料は、層別に分割し、表層(0-10cm)の平均放射性セシウム濃度と放射性セシウムの鉛直分布を調べました。放射性セシウムの鉛直分布は、放射性セシウムの深さ分布を表すパラメーターである実効的重量緩衝深度⁶⁾ β_{eff} により評価しました。 β_{eff} は、層別に分けた底質の重量、含水率、密度、層の厚さ、放射性セシウム濃度から算出します。

【得られた成果】

底質中の放射性セシウムの水平分布について、直接測定で得られた放射性セシウムの計数率と、表層(0-10cm)の平均放射性セシウム濃度との間に良好な正の相関が観察されました(図3B)。一方、底質中の放射性セシウムの鉛直分布について、直接測定で得られたRPCと試料測定で評価した β_{eff} との間に良好な正の相関が見られました(図3C)。

本研究で得られた推定結果を実際のため池に適用した例を図3に示します。対象としたため池の直接測定で得られた放射性セシウム濃度の計数率とRPCを基に、表層(0-10cm)の平均放射性セシウム濃度、 β_{eff} を算出しました。このため池は、流入口が複数存在していることから、放射性セシウムの水平分布は不均一でした(図3E)。鉛直分布についても、ため池全体で著しく異なることがわかりました(図3F)。このように、広範囲を迅速に面的なモニタリングすることで、湖沼内の放射性セシウムのより詳細な分布を調査することができました。

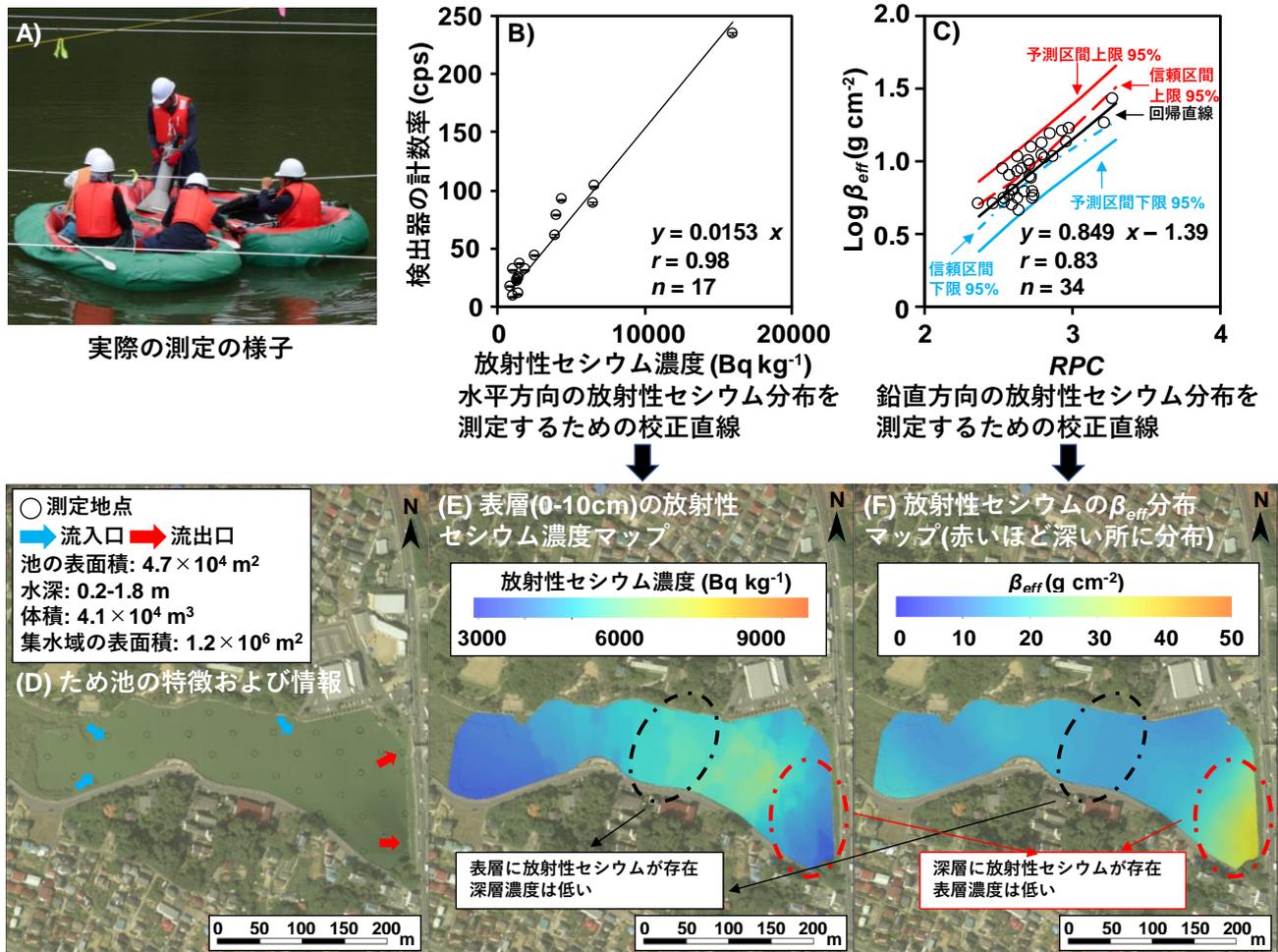


図3 本研究の推定結果を実際のため池に適用した例

【波及効果と今後の展望】

本研究で得られた、湖沼における放射性セシウムの蓄積過程に関する新たな評価手法は、従来行っていた試料を採取する手法に比べて、圧倒的に短い時間で底質中の放射性セシウムの分布を評価できます。それらの結果を解析することによって、帰還困難区域での農業再開に向けた湖沼の中長期的な評価が可能になると考えられます。また、セシウム 137 をトレーサー⁷⁾とした湖沼からの土砂流出量の評価や堆積速度の解析に利用でき、水文学や地形学分野の発展に寄与することが期待されます。今後、異なる土地利用の湖沼の解析を進めることで、より詳細な放射性セシウムの移行、拡散過程を解明すべくさらなる研究に取り組んでいきます。

【書誌情報】

雑誌名: Analytical Chemistry (2018), **90**, 10795–10802

タイトル: Development of an Analytical Method for Estimating Three-Dimensional Distribution of Sediment-Associated Radiocesium at a Reservoir Bottom

著者: K. Ochi¹, Y. Urabe², T. Yamada³, Y. Sanada¹

所属: ¹日本原子力研究開発機構, ²株式会社 NESI, ³日本放射線エンジニアリング株式会社

DOI 番号: 10.1021/acs.analchem.8b01746

【用語解説】

1) 底質

河川や湖沼、海洋等の水域において、水底を構成している堆積物のこと。

2) 放射線検出器の仕様

製作会社: 株式会社日立製作所

検出器の種類: NaI (TI) シンチレーション検出器 (結晶の大きさ: 2cm × 2cm × 2cm)

重量および大きさ: 11 kg、52.0cm 高さ、25.0cm 底面直径

3) 土壌侵食

土壌が雨や流水、風等の物理的作用で侵食されること。実際に、台風等の大雨の際に河川周辺の土壌が河川へと流入することで、河川水中放射性セシウム濃度が高くなることが報告されています。

4) 計数率

γ 線スペクトル上で検出された γ 線のカウント(計数値)を測定時間で割ったもの。

5) コンプトン散乱

光子(ここでは γ 線)が物質と衝突することで散乱する過程。散乱した γ 線は入射した γ 線よりも波長が長くなる(つまりエネルギーが小さくなる)ことから、 γ 線スペクトル上で入射した γ 線のエネルギーよりも低いエネルギー領域に、散乱 γ 線が検出されます。

6) 実効的重量緩衝深度

土壌中放射性セシウムの分布を表す実効的なパラメーターであり、数値が大きくなるほど放射性セシウムが深いところにあることを示します。

7) トレーサー

特定の元素や物質の化学的または環境中での移動を追跡する目的で、目印として付加される物質のことです。

【本件に関するお問合せ先】

(研究成果について)

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

福島研究開発部門 福島研究開発拠点 福島環境安全センター

越智 康太郎/眞田幸尚

TEL: 0244-25-2072 FAX: 0244-24-2011

(報道機関お問合せ先)

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

福島研究開発部門 福島研究開発拠点 福島事業管理部

成田 典智 TEL: 024-524-1060 FAX: 024-524-1069

広報部 報道課

小野 徳久 TEL: 03-3592-2346 FAX: 03-5157-1950